

# 日本人における6mmショートインプラントの有用性に関する臨床研究

著者	竹下 賢仁
学位授与機関	Tohoku University
URL	<a href="http://hdl.handle.net/10097/00129962">http://hdl.handle.net/10097/00129962</a>

博士論文

日本人における 6 mm ショートインプラントの  
有用性に関する臨床研究

竹下 賢仁

令和2年度提出

東北大学

## [要旨]

欠損補綴治療において、インプラント治療は信頼性の高いオプションのひとつである。臼歯部欠損に対して、インプラント治療を行う場合に、上顎洞や下顎管などの解剖学的構造が制約となり、サイナスリフトや骨移植などの骨造成手術が必要となるが、外科的侵襲が大きく、治療期間が長くなり、患者の苦痛は大きくなる。そのため、骨造成手術を回避するためショートインプラントの使用が見直されており、海外ではその有用性を示す報告が多くみられるようになってきた。しかしながら、日本人を対象としたショートインプラントの有用性を示した臨床報告は少ない。そこで、超高齢化社会を迎え、健康寿命も長い日本において、6 mm ショートインプラントを用いた低侵襲インプラント治療の有用性を確認するため、周囲骨および周囲粘膜組織の状態の変化と患者満足度について臨床統計学的検討を行った。

平均年齢 60 歳の患者 16 名（男性 5 名、女性 11 名）に埋入した 26 本の 6 mm ショートインプラントを対象とした。インプラント周囲骨の変化は、上部構造装着時と 2 年後の経過観察時に、単純 X 線撮影を行い算出した。インプラント周囲粘膜の評価は、上部構造体装着時と 2 年後の経過観察時に、歯周ポケットプローブを用いてインプラント周囲のプロービングデプスを測定し比較した。また、患者満足度は、口腔衛生影響プロフィールの OHIP 14 を用いて、治療開始前と上部構造装着から 2 年後の経過観察時に採点した。

単純 X 線写真により算出したインプラント周囲骨量は、インプラントショルダー最下部を基準点として、基準点から根尖部の骨レベルはマイナスで表し、基準点から歯冠方向の骨レベルはプラスと記載した。上部構造装着時の近心側骨レベルの平均は  $-0.05\text{ mm}$  であり、遠心側骨レベルの平均は  $0.37\text{ mm}$  であった。上部構造装着から 2 年後の経過観察時の近心側骨レベルの平均は  $0.33\text{ mm}$  であり、遠心側骨レベルの平均は  $0.53\text{ mm}$  であった。近心側および遠心側それぞれの、上部構造装着時と 2 年後の経過観察時の骨レベルの変化は、Wilcoxon signed-ranks test で有意にインプラント周囲の骨形成を認めた。プロービングデプスの平均値は上部構造体装着時で  $3.03\text{ mm}$ 、2 年後の経過観察時の平均値は  $3.33\text{ mm}$  と増加する傾向がみられたが、変化量に有意差は認められなかった。また、患者満足度調査では治療開始前と 2 年後の経過観察時の比較において、満足度の向上を認めた。

以上の結果より、骨量の不足した部位に対して  $6\text{ mm}$  ショートインプラントを使用して治療を行うことは、骨造成を施さず、患者の利益に大きな治療オプションとなりうる。日本人を対象に行った今回の臨床研究は、上部構造装着時と 2 年経過後の比較であり、この追跡期間においては  $6\text{ mm}$  ショートインプラントの使用は有効な治療法であると考えられる。しかしながら、今後は  $6\text{ mm}$  ショートインプラントの臨床転帰に対する、より長期的で詳細な検討が必要である。

## [緒言]

臼歯部欠損に対してインプラント治療を行う場合に、上顎洞や下顎管などの解剖学的構造が制約となり、インプラントを埋入するための骨量が不足する場面が少なからず存在する(1, 2)。

これらの症例に対しては、サイナスリフトや骨移植、骨延長などの骨造成手術が必要となる (Figure 1)。しかし、骨造成手術は手術の難易度が上がり、外科的侵襲が大きく、治療期間が長くなるなど、患者および術者への負担が大きくならざるを得ない欠点がある。そのため、近年ではこれらの負担を軽減するショートインプラントをはじめとする低侵襲性の術式が見直されている (Figure 2)。

ショートインプラントの定義は様々であり、短いものでインプラント長を 5 mm とするものがある(3)。さらには、10 mm 未満とするものがあるが(4)、2006 年に Renouard F らは、骨結合に関与する部位が 8 mm 以下のインプラントをショートインプラントとすることを明確に定義した(5)。ショートインプラントは、骨造成手術などの外科的侵襲を回避することが可能なため、近年ではその使用が見直されており、ショートインプラントの有用性を示す報告が多くみられるようになってきた(6, 7)。

ショートインプラントの生存率については、ショートインプラントを用いた症例の 1 年から 3 年にわたる追跡研究において、90 %以上の残存率が発表されている(8-

10)。しかしながら、ショートインプラントは骨結合に関与する部分が 8 mm 程度であり、ショートインプラントを用いる際には、可及的にインプラント周囲に起こりうる骨の減少を防ぐことが望ましい。インプラントが導入された当初では、機械加工面のインプラント体が使用されていたが、最近では、より早期に、また強固でかつ持続的な骨結合を獲得するために、インプラント体の形状、表面性状そして埋入プロトコルが改良、工夫され、インプラントの予後は飛躍的に向上した(11)。今回、我々はインプラント周囲骨の減少を回避するために有効なマイクロスレッド構造をインプラント体の頸部に有しているアストラテックインプラントシステム EV®（デンツプライシロナ社、スウェーデン）を採用した(12)。このシステムの特徴は、患者個々の骨質に対してドリルプロトコルを最適化して埋入を行うことが可能であるところにある。ドリルプロトコルを最適化して埋入を行うことができない症例や骨質が硬い症例では、埋入トルク値が上昇する傾向にあり、その結果、インプラント周囲骨の減少を来す原因となることがある(13, 14)。本システムを用いることにより、患者それぞれの骨質に応じてドリルプロトコルを調整させ、理想的な埋入トルク値でインプラント埋入することが可能であり、インプラント周囲骨の減少を最小限に抑えることが可能となる。

また、上部構造装着様式の違いがインプラント周囲組織の変化に影響を及ぼすという報告がある。Linkevicius らはセメント固定式のセメントの残留によるインプラント周囲病変惹起の可能性を報告し(15)、一方、Vigolo P らはセメント固定式とスクリュー

一固定式のインプラント周囲組織の健康状態には差はないと報告している(16)。

本研究では、本システムによる日本人における 6 mm ショートインプラントの有用性について、インプラント周囲骨とインプラント周囲粘膜組織の状態の変化ならびに患者満足度を、インプラントを埋入した部位や近接する環境、該当部位の骨質および上部構造装着様式という異なる状況を考慮しながら、統計学的検討を行い、上部構造装着から 2 年後の経過を報告する。

## [材料と方法]

### 患者選択

（日本の個人歯科医院）（T 歯科医院）において、2016 年 11 月から 2017 年 3 月の間にアストラテックインプラントシステム EV®を埋入した患者で、上部構造装着後 2 年を経過した 16 症例、26 本を対象とした。治療は経験豊富な口腔外科医 1 名（K.T）が行った。

埋入部位は上顎が 10 本、下顎が 16 本であり、すべての症例で成熟骨に埋入し、骨造成を伴わなかった。また、内科的既往歴を有する者、免疫疾患や精神疾患を有する者、矯正治療中の者、喫煙者は除外し、参加した患者全員からインフォームド・コンセントを得て研究を行った（Table 1）。

尚、本研究の術式や評価方法は、1 名の術者が本研究と同様のインプラントを用いて、インプラント治療のインプラント周囲骨の変化や患者満足度を評価した Takeshita らの報告を参考に行った(17)。



## 外科的処置

手術開始前に CT（朝日レントゲン、日本）を用いて、顎骨形状と骨質の精密検査を行い、埋入手術計画を立案した。使用したインプラントはすべて長径が 6 mm のインプラントであり、幅径はインプラント埋入後周囲骨が 1 mm 以上確保できる径とした。インプラント埋入手術計画はパノラマレントゲン写真および CT データを変換したシュミュレーションソフト（シムプラント®、米国）にて術前の骨量および骨質診断を行い、インプラントサイズの決定やドリルプロトコルを計画した（Figure 3A~3E）。

使用したインプラントモーターは iChiropro®（ビエン・エアー社、スイス）であり、術者の埋入窩形成時の感覚で最終ドリルを決定した。すべての埋入に際して、使用した最終ドリルの記録、インプラント埋入トルク値を測定した。埋入手術は 2 回法とし、インプラント埋入後はカバースクリューを装着後、単純縫合（CV5、Gore-Tex®、米国）し、埋入手術を終了した。

抜糸は埋入手術から 10 日後に行い、3 週間に一度創部の経過観察を行った。埋入手術後の治癒期間中は暫間補綴物を装着していない。埋入手術から下顎は 8 週間後、上顎は埋入手術から 12 週間後にそれぞれ 2 次手術を行い、ヒーリングアバットメントを装着した。

## プロビジョナルレストレーションおよびファイナルレストレーション

2 次手術後、インプラント周囲粘膜の治癒を 2 週間経過観察し、インプラントレベルの印象もしくはアバットメントレベルの印象を行った。尚、アバットメントレベルの印象は最終アバットメント締結後に行った。プロビジョナル製作のための印象から 1 週間後にプロビジョナルを装着した。プロビジョナル装着時は咬合状態や清掃状態の確認をし、装着から 4 週間後にインプラントレベルの最終印象もしくはアバットメントレベルの最終印象を行い、最終印象から 4 週間後に上部構造体を装着した。

## 評価の手順

上部構造体装着以降は年に 2 回メンテナンスを行い、上部構造装着時と 2 年後の経過観察時に、インプラント体周囲の骨量を単純 X 線撮影により測定し、インプラント周囲粘膜についてプロービングデプスを測定し、経時的な評価を行った。臨床検査データの管理および評価は、患者の治療を担当しなかった試験者 1 名 (H.T) が単独で行った (Figure 4)。

インプラント周囲骨の変化は、上部構造装着時と 2 年後の経過観察時に、X 線フィルムホルダー (Hanshin 社、日本) を用いてインプラント体周囲の X 線を平行法で撮

影した単純X線画像をコンピューターに取り込み、Image J（アメリカ国立衛生研究所 Wayne Rasband により開発）を用いて算出した。Image J を用いたインプラント周囲骨の変化の算出は、既知のスレッドピッチおよびインプラントの長さを用いて、測定前に X 線写真を校正し、骨レベルの測定を行った。測定はインプラントショルダ―最下部を基準点として、基準点から根尖部の骨レベルはマイナスで表し、基準点から歯冠方向の骨レベルはプラスと記載した。さらに、近心および遠心部の骨レベルはいずれも上部構造装着時と 2 年後の経過観察時に測定した。各時点で測定した骨レベルの差を算出し、これをそれぞれの骨変化量とした（Figure 5）。

上部構造装着時と 2 年後の経過観察時のインプラント周囲骨量の変化については、部位および骨質、最終ドリル、埋入トルク値、上部構造装着様式、インプラントに隣接する環境（インプラント、天然歯、欠損）について、Wilcoxon signed-ranks test を行った。

インプラント周囲粘膜の評価は、上部構造体装着時と 2 年後の経過観察時に、標準の歯周ポケットプローブを用いてインプラント周囲を 4 点法によりプロービングデプスを測定し比較した。

患者満足度は、口腔衛生影響プロファイルの OHIP 14 を用いて評価を行った(18)。治療開始前と 2 年後の経過観察時に機能の制限、痛み、心理的不快感、身体的障害、心理的障害、社会的障害、ハンディキャップについて、いつもある（4）、よくある

(3)、時々ある (2)、ほとんどない (1)、まったくない (0) により採点し、

Wilcoxon signed-ranks test を行った。

### 統計分析

Bell Curve for Excel バージョン 2.00 (社会調査研究情報・東京、日本) を使用して統

計分析を行った。インプラント周囲骨レベルの変化の違いは、Wilcoxon signed-ranks

test を用い、すべての検定における有意水準は  $p < 0.05$  とした。

## [結果]

患者 16 名（男性 5 名、女性 11 名）に 26 本の 6 mm ショートインプラントを埋入した。平均年齢は  $60.0 \pm 9.9$  歳（44～79 歳）であった。16 名のうち 7 名には複数部位にそれぞれ 6 mm ショートインプラントを埋入した。埋入部位は上顎が 10 本、下顎が 16 本であった。埋入したインプラント径は 4.2 mm が 19 本、4.8 mm が 7 本であり、すべてストレートタイプであった（Table 2）。埋入床の骨質はタイプ I が 3 本、タイプ II が 8 本、タイプ III が 15 本であり（Table 3）、骨質に合わせたドリルプロトコルで埋入窩形成を行い、それぞれの埋入トルク値の平均は上顎では A プロトコルで 25.5 N cm、A-V プロトコルで 28.6 N cm、B-V プロトコルで 31 N cm であった。下顎では B-V プロトコルで 41 N cm、B-X プロトコルで 38 N cm であった（Table 4）。26 本の平均埋入トルク値は  $34.2 \pm 8.1$  N cm（20～45 N cm）であった。

上部構造体の装着様式はセメント固定式が 6 本（単冠が 1 本、連冠が 5 本）、スクリー固定式が 20 本（単冠が 6 本、連冠が 14 本）であった（Figure 6 A～C）。そして、上部構造装着から 2 年後の経過観察時までのインプラント脱落は 0 本であった。

単純 X 線写真により算出したインプラント周囲骨量は、次のとおりである。上部構造装着時の近心側骨レベルは  $0.05 \pm 0.62$  mm（-1.33～1.73 mm）であり、遠心側骨レベルは  $0.37 \pm 0.74$  mm（-0.63～2.26 mm）であった。2 年後の経過観察時の近心側骨

レベルは  $0.33 \pm 0.65$  mm ( $-0.96 \sim 1.52$  mm) であり、遠心側骨レベルは  $0.53 \pm 0.63$  mm ( $-0.5 \sim 2.23$  mm) であった。上部構造装着時と 2 年後の経過観察時の骨レベルの変化量は近心側で  $0.38 \pm 0.49$  mm ( $-0.25 \sim 1.88$  mm) であり、遠心側では  $0.15 \pm 0.42$  mm ( $-0.98 \sim 0.84$  mm) であり (Table 5)、近心側、遠心側ともに有意差が認められた ( $P < 0.05$  Wilcoxon signed-ranks test) (Figure 7 A, B)。このことからインプラント周囲骨量は 2 年後の経過観察時には近心側、遠心側においてインプラント周囲骨は増加したと言える。

埋入トルク値については、35 N cm 未満で埋入した群と 35 N cm 以上で埋入した群の 2 年後の経過観察時のインプラント周囲骨量の増減を評価した。35 N cm 未満で埋入した群の埋入本数は 13 本であり、2 年後の経過観察時の骨変化量は近心側で  $0.38 \pm 0.39$  mm ( $-0.25 \sim 1.12$  mm) であり、マイナスの変化は 1 本であった。遠心側は  $0.07 \pm 0.4$  mm ( $-0.98 \sim 0.84$  mm) であり、マイナスの変化は 2 本であった。35 N cm 以上の埋入本数は 13 本であり、2 年後の経過観察時の骨変化量は近心側で  $0.39 \pm 0.57$  mm ( $-0.06 \sim 1.88$  mm) であり、マイナスの変化は 3 本であった。遠心側は  $0.29 \pm 0.44$  mm ( $-0.61 \sim 0.61$  mm) であり、マイナスの変化は 2 本であった。埋入トルク値が 35 N cm 未満と 35 N cm 以上の 2 群ともに平均値ではインプラント周囲骨の増加傾向がみられたが、統計学的に優位な差は認められなかった (Wilcoxon signed-ranks test) (Table 6)。

26本の6 mm ショートインプラントの隣接する環境の違いによる評価は17本がインプラント、9本は天然歯、26本が欠損であった。近遠心側別では、近心側は11本がインプラント、8本は天然歯、7本が欠損であり、遠心側はほとんどが欠損であった (Table 7 A)。そこで、近心側にインプラントがある場合、天然歯がある場合、そして欠損である場合の近心側のインプラント周囲骨レベル変化について比較し (Table 7 B)、隣接する環境がインプラントと天然歯の場合は統計学的に有意差を認めた ( $P<0.05$  Wilcoxon signed-ranks test) (Figure 8 A, B)。このことから、隣接する環境が天然歯もしくはインプラントの場合、インプラント周囲骨量は2年後の経過観察時には近心側においてインプラント周囲骨は増加したと言える。

上部構造の装着様式の違いによる評価はセメント固定式とスクリュー固定式の上部構造装着時と2年後の経過観察時のインプラント周囲骨レベル変化の差には統計学的な優位差はなく、経過は良好であった。

上部構造装着時のプロービングデプスの平均値は上部構造体装着時で、 $3.03 \pm 0.41$  mm (2.50~3.75 mm) 2年後の経過観察時の平均値は  $3.33 \pm 0.40$  mm (2.50~4.00 mm) であり、インプラント周囲粘膜の炎症を認めず、経過は良好であった (Table 8)。

OHIP 14 において、治療開始前は  $25.1 \pm 7.53$  (16~36)、2年後の経過観察時の平均は  $4.20 \pm 4.31$  (範囲 0~13) であり、Wilcoxon signed-ranks test を行ったらところ有

意差があり、患者満足度の向上を認めた ( $P<0.05$ ) (Table 9)。



## [考察]

臼歯部へのインプラント埋入において、上顎洞や下顎管などの解剖学的制約のために、骨量が不十分であり、インプラントの埋入に先だって、骨造成手術が必要となる場面がある。しかしながら、近年ではインプラント患者の高齢化が進むとともに、全身疾患を有する患者が増加しており、より低侵襲な治療法が求められている。その解決策として、インプラント体の傾斜埋入を行うこと(19, 20)、そしてショートインプラントを使用することがあげられる。

Krekmanov らによると、傾斜埋入したインプラントと歯軸どおりに埋入したインプラントの 5 年後の成功率を比較したところ、それぞれ 98 %と 93 %であった(19)。

また、Aparicio らの報告では、それぞれ 95.2 %と 91.3 %であり、傾斜埋入したインプラントも高い成功率であることがわかっている(20)。そして、Calandriello らは、最低 1 年以上の経過を追跡した残存率を評価したところ、96.7%と高い残存率を示し、骨造成を回避する優れた手技であると報告している(21)。さらには、Kilic E らは有限要素による評価によって、傾斜埋入を行っても差が無いという裏付けをとっている(22)。

しかしながら、傾斜埋入を行うと、スクリュー固定式の上部構造製作時に、アクセスホールが理想的な位置に存在しないなどの難点があり、結果、アバットメントの角度

変更や角度付きアバットメントを使用する必要がでてくる。このことは補綴主導型インプラント治療の観点から疑問符がつく。

そこで、今回は 6 mm ショートインプラントの有用性を検討することとした。

### 考察 1 残存率について

骨量の不足した臼歯部欠損への補綴治療として 6 mm ショートインプラントを使用した我々の症例を検討した結果、2 年後の経過観察時の残存率は 100 %であった。ショートインプラント応用に関する短期間での臨床報告は多数ある。Renouard らは 2 年間の残存率を 94.6 %と報告し(10)、Goene らは 3 年間の残存率を 95.8 %と報告した(23)。本研究はいずれと比較しても問題のない結果となった。

また、たびたび骨量不足部位に対して骨造成手術を施してからインプラントを埋入すべきではという議論となるが、Aghaloo らがさまざまな骨造成手術を併用したインプラントの残存率（上顎洞底挙上術；92.0 %、GBR；95.5 %、ベニアグラフト；90.4 %）と比較しても有効であるといえる(24)。

## 考察 2 インプラント周囲骨の変化について

本研究では、6 mm ショートインプラントに対して、上部構造装着後のインプラント周囲骨の安定性について近遠心の骨の高さを測定し比較検討した。

インプラント周囲骨の変化を調べたところ、ほとんどの症例で、骨・インプラント接合部が経時的に歯冠側より移動したことを示した。この現象はおそらく骨の持続的なリモデリングによりもたらされたと考えられる。

本研究は比較研究ではないため、明確な結論は得られないが、もう一つの理由は、本研究で用いたインターナススリップジョイントインプラントはインプラント・アバットメント接合において、マイクロモーションが少なく、マイクロリーケージを防止できることから、インプラント周囲骨維持に寄与すると報告した別の研究と一致する(25, 26)。

しかし、単純 X 線写真の精度が転帰に影響を及ぼす可能性があると言わざるを得ない。異なる時点で撮像した単純 X 線写真を比較するためには、規格化された X 線専用フィルムホルダーの使用が必須である。本研究は、日常の診療から抽出したデータのレトロスペクティブ分析であり、経済的な理由など、様々な理由から規格化された X 線フィルムホルダーを使用しなかったが、その不足を補うためにコンピューターソフトウェアで単純 X 線写真の校正を行った。

以下、ドリルプロトコルと埋入トルク値について、上部構造装着様式の違いについて、埋入したインプラントの近接する環境についての側面からインプラント周囲骨の変化について考察する（考察 2 A～C）。

#### 考察 2 A ドリルプロトコルと埋入トルク値について

そもそも、ショートインプラントの埋入を計画する部位は、埋入床のコンディションが不良な部位が多く、骨質にあったドリルプロトコルを術者が決定しなければならない。ショートインプラントは長いインプラントと比較するとインプラントが骨と接触する面積が少ないため、埋入手術時の初期固定が大変重要である(27)。

そのため、埋入窩形成時は骨質を考慮し、ドリルプロトコルを考え、安定したドリリングを心掛けることが大切である。埋入時のインプラントの安定性が不完全であると、結果的にインプラント治療の失敗につながる(28)。

埋入窩形成においては、埋入するインプラント体よりも小さいサイズの窩を形成するアンダーサイズドリリングが、初期固定を得るための一般的な手法となる(29)。

しかしながら、初期固定を得るために骨に対し過度な埋入トルク圧を与えることは早期にインプラント周囲骨の減少を惹起すると言われている(30)。また、Cha らは、アンダーサイズの形成窩にインプラントを埋入すると、埋入部位が虚血状態になり、骨

細胞の壊死を惹起すると報告している(31)。そのため、骨質ごとにドリルプロトコルを適用させ、埋入トルク値をコントロールする必要がある(13)。

適切な埋入トルク値についてはインプラント体の表面性状や形状により考え方は異なるが、Yi Man らの報告によると 35 N cm 未満の埋入トルク値は上部構造装着後 2 年間のインプラント周囲骨の減少が少ないとしている(32)。本研究では 35 N cm 未満で埋入した群と 35 N cm 以上で埋入した群の 2 年後の経過観察時のインプラント周囲骨の変化量に統計学的な有意差を認めなかった。また、今回使用したアストラテックインプラントシステム EV®は、埋入予定部位の骨質によって術者がドリルプロトコルを変化させ、埋入トルク値をコントロールすることが可能なシステムである(12)。本研究ではこのシステムを採用し、骨質を考慮した埋入窩の形態を付与し、Toia ら適切とする埋入トルク値 45 N cm 以下となるようコントロール可能であり(12)、結果、上部構造装着後のインプラント周囲骨の状態は良好であった。

骨質が Type1 や Type4 であった場合に治療成績が低下したという報告が多くみられるが (33, 34)、本研究のようにそれぞれの骨質に最適なドリルプロトコルを採用し、インプラントを埋入すると治療成績に影響しない可能性が示唆された。本研究では、Type1 の骨質に対して 3 本の 6 mm ショートインプラントを埋入している。埋入トルクはいずれも 45 N cm と実験群の中では最大であったが、骨質に合ったドリルプロトコルを選択したことにより、2 年後のインプラント周囲骨の変化量はそれぞれ、+0.13

mm、 $\pm 0.00$  mm、 $+0.04$  mm と安定した結果を示した。

## 考察 2 B 上部構造装着様式の違いについて

本研究では上部構造装着様式の違いにより、インプラント周囲骨レベルの変化に有意差を認めなかった。インプラント上部構造の装着様式として、セメント固定とスクリュー固定のどちらが優れているかという議論が長年なされている(15, 16, 35)。

2017 年のレビューによると、セメント固定式ではセメントの残留などによる組織学的合併症が多く見られ、スクリュー固定式ではインプラントやスクリュー破損などメカニカルな合併症がみられると報告している(35)。

ショートインプラントを選択する部位においては硬組織および軟組織が乏しいことが多く、本研究のセメント固定式においては上部構造体のマージン設定をインプラント周囲粘膜等高もしくは縁上に設定した。このことにより、セメントの残留を防ぎ、患者自身の口腔清掃を容易にすることでインプラント周囲組織の安定が図れることが示唆された。

## 考察 2 C 埋入したインプラントに隣接する環境について

埋入した 6 mm ショートインプラントに隣接する環境の違いによるインプラント周囲骨レベルの変化においては隣接する環境がインプラントおよび天然歯においてインプラント周囲骨の増加を認めたことは大変興味深いことである。

天然歯に挟まれた単独歯欠損の場合は、隣在歯の付着器官とその血液供給によって、インプラント周囲の組織は良好に維持される可能性があり(36)、欠損が連続した複数歯におよぶ場合は、隣在歯の歯根膜からの血液供給が絶たれ、歯槽骨高経や幅径減少の一因となっていると示唆される。本研究では隣接する環境が天然歯の場合にインプラント周囲骨の増加を認めた。このことは Seyed Reza Arabi らの報告と同様にインプラントに隣接する天然歯は、インプラント周囲骨の減少を抑制する一助となると考えられた(36)。

また、隣接する環境がインプラントではインプラント間距離 5 mm 以下であればインプラント周囲骨の減少の確率が高くなる報告もある(37)。しかし、本研究の場合はインプラント周囲骨の減少を認めることは少なかった。このことは、前述したように本研究で用いたインプラントの特徴であるマイクロリーケージ防止することがインプラント周囲骨の維持に寄与したと考える(25, 26)。

### 考察 3 インプラント周囲組織の安定性について

インプラント周囲を組織学的に評価することは、インプラントの安定性、インプラント治療の成功を評価することにつながる。これについて、確固たる方法はいまだ確立されていない状況であるが、インプラント周囲溝のプロービング深さの測定は、インプラント周囲軟組織の状態を把握する上で有用な指標であるとされている(38)。

しかしながら、プローブ挿入深度は、用いられるプローブの形態やプロービング圧が歯周ポケットにおいて、大きく影響することが報告されており(39)、インプラント周囲溝においては、天然歯の周囲溝以上に鋭敏であることから(40)、インプラント周囲粘膜溝のプロービング測定は再現性に問題があることも理解しておくべきである。そのため、プロービング時の適圧は天然歯で 30 g 以下であるので、インプラントの場合は、20 g 以下の力でチタン製のプローブを用いている。強固な骨結合を獲得し、安定しているインプラント周囲粘膜のプロービング深さは 2～6 mm の範囲であるとの報告がある(41)。本研究においては、上部構造装着直後および 2 年後の経過観察時の平均値は適正範囲内の結果であり、行ったインプラント治療の安定性を裏付ける結果となった。



#### 考察 4 患者満足度について

骨量が不足していることが原因でこれまでインプラント治療を敬遠されてきた患者にとって、ショートインプラントによって受ける恩恵は大きい。インプラント治療が患者に施された場合に、患者満足度を評価する方法はいくつかあるが、OHIP 14はその代表的な評価法である。Bernhard は、OHIP はインプラント治療の評価に非常に有用であり、今後さらに活用されていくべきであると述べている(42)。本研究では 6 mm ショートインプラントを用いて咬合回復した患者の満足度も非常に高く、患者の QOL 向上に貢献した。

骨量の不足した部位に対して 6 mm ショートインプラントを使用して治療を行うことは、骨造成手術を施さず、手術時間が短縮でき、術後の疼痛を軽減することができる。

各評価項目についての考察から、6 mm ショートインプラントは、骨造成手術を併用したインプラント治療同等の残存率を示し、ドリルプロトコルや補綴様式の最適化によりインプラント周囲組織の安定を確保でき、高い患者満足度が得られることがわかった。

さらに、骨に対して接触面積が少ない 6 mm ショートインプラントにおいて周囲骨の減少は予後に大きく関与する。しかし、本研究では経過観察時にはインプラント周囲骨が増加する傾向がみられた。このことは 6 mm ショートインプラントを用いることにおいて大変有利となると考える。今回、上部構造装着時から 2 年後の結果との比較であるが、この追跡期間では 6 mm ショートインプラントは非常に有効な治療法であるといえる。本研究における追跡期間や症例数はまだ十分とはいえず、今後は 6 mm ショートインプラントの臨床転帰に対する、より長期的で詳細な検討が必要であると考ええる。

#### [結論]

日本人患者の成熟骨に 6 mm ショートインプラントを用い、2 年間の経過観察期後、軟組織および硬組織に安定した予知性の高い臨床転帰が得られた。また、6 mm ショートインプラントを用いて咬合回復した患者の満足度に向上がみられた。

## [参考文献]

1. Solar P, Aro G, Ulm C, Bernhart T. [The effects of tooth loss on the anatomy of the maxilla]. *Schweiz Monatsschr Zahnmed* 1998;108:871-878.
2. Vinter I, Krmpoticnemanic J, Hat J, Jalsovec D. DOES THE ALVEOLAR PROCESS OF THE MAXILLA ALWAYS DISAPPEAR AFTER LOSS OF TEETH. *Laryngo-Rhino-Otologie* 1993;72:605-607.
3. Esposito M, Pellegrino G, Pistilli R, Felice P. Rehabilitation of posterior atrophic edentulous jaws: prostheses supported by 5 mm short implants or by longer implants in augmented bone? One-year results from a pilot randomised clinical trial. *European Journal of Oral Implantology* 2011;4:21-30.
4. Feldman S, Boitel N, Weng D, Kohles SS, Stach RM. Five-year survival distributions of short-length (10 mm or less) machined-surfaced and Osseotite implants. *Clin Implant Dent Relat Res* 2004;6:16-23.
5. Renouard F, Nisand D. Impact of implant length and diameter on survival rates. *Clinical Oral Implants Research* 2006;17:35-51.
6. Srinivasan M, Vazquez L, Rieder P, Moraguez O, Bernard JP, Belser UC. Survival rates of short (6 mm) micro-rough surface implants: a review of literature and meta-analysis. *Clin Oral Implants Res* 2014;25:539-545.
7. Thoma DS, Haas R, Tutak M, Garcia A, Schincaglia GP, Hammerle CHF. Randomized controlled multicentre study comparing short dental implants (6 mm) versus longer dental implants (11-15 mm) in combination with sinus floor elevation procedures. Part 1: demographics and patient-reported outcomes at 1 year of loading. *Journal of Clinical Periodontology* 2015;42:72-80.
8. Friberg B. The posterior maxilla: clinical considerations and current concepts using Branemark System (TM) implants. *Periodontology* 2000 2008;47:67-78.
9. Friberg B, Ekestubbe A, Sennerby L. Clinical outcome of branemark system implants of various diameters: A retrospective study. *International Journal of Oral & Maxillofacial Implants* 2002;17:671-677.
10. Renouard F, Nisand D. Short implants in the severely resorbed maxilla: A 2-year retrospective clinical study. *Clinical Implant Dentistry and Related Research* 2005;7:S104-S110.
11. Esposito M, Ardebili Y, Worthington HV. Interventions for replacing missing teeth: different types of dental implants (Withdrawn Paper. 2014, art. no. CD003815). *Cochrane Database of Systematic Reviews* 2019.

12. Toia M, Galli S, Cecchinato D, Wennerberg A, Jimbo R. Clinical Evidence of OsseoSpeed EV Implants: A Retrospective Study and Characterization of the Newly Introduced System. *International Journal of Periodontics & Restorative Dentistry* 2019;39:863-874.
13. Stocchero M, Toia M, Jinno Y, Cecchinato F, Becktor JP, Naito Y, et al. Influence of different drilling preparation on cortical bone: A biomechanical, histological, and micro-CT study on sheep. *Clin Oral Implants Res* 2018;29:707-715.
14. Toia M, Stocchero M, Cecchinato F, Corra E, Jimbo R, Cecchinato D. Clinical Considerations of Adapted Drilling Protocol by Bone Quality Perception. *International Journal of Oral & Maxillofacial Implants* 2017;32:1288-1295.
15. Linkevicius T, Puisys A, Vindasiute E, Linkeviciene L, Apse P. Does residual cement around implant-supported restorations cause peri-implant disease? A retrospective case analysis. *Clin Oral Implants Res* 2013;24:1179-1184.
16. Vigolo P, Mutinelli S, Givani A, Stellini E. Cemented versus screw-retained implant-supported single-tooth crowns: a 10-year randomised controlled trial. *European Journal of Oral Implantology* 2012;5:355-364.
17. Takeshita K, Vandeweghe S, Vervack V, Sumi T, De Bruyn H, Jimbo R. Immediate Implant Placement and Loading of Single Implants in the Esthetic Zone: Clinical Outcome and Esthetic Evaluation in a Japanese Population. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2015;35:715-723.
18. Slade GD. Derivation and validation of a short-form oral health impact profile. *Community Dentistry and Oral Epidemiology* 1997;25:284-290.
19. Krekmanov L, Kahn M, Rangert B, Lindstrom H. Tilting of posterior mandibular and maxillary implants for improved prosthesis support. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2000;15:405-414.
20. Aparicio C, Perales P, Rangert B. Tilted implants as an alternative to maxillary sinus grafting: a clinical, radiologic, and periotest study. *Clin Implant Dent Relat Res* 2001;3:39-49.
21. Calandriello R, Tomatis M. Simplified treatment of the atrophic posterior maxilla via immediate/early function and tilted implants: A prospective 1-year clinical study. *Clinical Implant Dentistry and Related Research* 2005;7:S1-S12.
22. Kilic E, Doganay O. Evaluation of Stress in Tilted Implant Concept With Variable Diameters in the Atrophic Mandible: Three-Dimensional Finite Element Analysis. *J Oral Implantol* 2020;46:19-26.

23. Goene R, Bianchesi C, Huerzeler M, Del Lupo R, Testori T, Davarpanah M, et al. Performance of short implants in partial restorations: 3-year follow-up of Osseotite implants. *Implant Dent* 2005;14:274-280.
24. Aghaloo TL, Moy PK. Which hard tissue augmentation techniques are the most successful in furnishing bony support for implant placement? *Int J Oral Maxillofac Implants* 2007;22 Suppl:49-70.
25. Harder S, Dimaczek B, Acil Y, Terheyden H, Freitag-Wolf S, Kern M. Molecular leakage at implant-abutment connection-in vitro investigation of tightness of internal conical implant-abutment connections against endotoxin penetration. *Clinical Oral Investigations* 2010;14:427-432.
26. Zipprich H, Weigl P, Ratka C, Lange B, Lauer HC. The micromechanical behavior of implant-abutment connections under a dynamic load protocol. *Clin Implant Dent Relat Res* 2018;20:814-823.
27. Brunski JB. Biomechanical factors affecting the bone-dental implant interface. *Clin Mater* 1992;10:153-201.
28. Szmukler-Moncler S, Salama H, Reingewirtz Y, Dubruille JH. Timing of loading and effect of micromotion on bone-dental implant interface: Review of experimental literature. *Journal of Biomedical Materials Research* 1998;43:192-203.
29. Friberg B, Sennerby L, Grondahl K, Bergstrom C, Back T, Lekholm U. On cutting torque measurements during implant placement: a 3-year clinical prospective study. *Clin Implant Dent Relat Res* 1999;1:75-83.
30. Stocchero M, Toia M, Cecchinato D, Becktor JP, Coelho PG, Jimbo R. Biomechanical, Biologic, and Clinical Outcomes of Undersized Implant Surgical Preparation: A Systematic Review. *International Journal of Oral & Maxillofacial Implants* 2016;31:1247-1263.
31. Cha JY, Pereira MD, Smith AA, Houschyar KS, Yin X, Mouraret S, et al. Multiscale analyses of the bone-implant interface. *J Dent Res* 2015;94:482-490.
32. Man Y, Xu X, Wang Z, Moses O, Liu Z. Low implant insertion torque allows minimal bone loss: A multi center 2-year prospective study. *J Oral Science Rehabilitation*, 2018:32-38.
33. Sargolzaie N, Samizade S, Arab H, Ghanbari H, Khodadadifard L, Khajavi A. The evaluation of implant stability measured by resonance frequency analysis in different bone types. *Journal of the Korean Association of Oral and Maxillofacial Surgeons* 2019;45:29-33.
34. Juodzbals G, Kubilius M. Clinical and radiological classification of the jawbone anatomy in endosseous dental implant treatment. *J Oral Maxillofac Res* 2013;4:e2.

35. Ragauskaite A, Zekonis G, Zilinskas J, Gleiznys A, Ivanauskiene E, Gleiznys D. The comparison of cement- and screw-retained crowns from technical and biological points of view. *Stomatologija* 2017;19:44-50.
36. Arabi SR, Shishehian A, Khazaei S, Poormoradi B, Abbasi S, Allahbakhshi H, et al. Effect of dental implantation on the hard and soft tissues around the adjacent natural teeth. *Dent Med Probl* 2019;56:331-336.
37. Al Amri MD. Influence of interimplant distance on the crestal bone height around dental implants: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Prosthetic Dentistry* 2016;115:278-282.
38. Klokkevold PR, Han TJ. How do smoking, diabetes, and periodontitis affect outcomes of implant treatment? *Int J Oral Maxillofac Implants* 2007;22 Suppl:173-202.
39. Mombelli A, Graf H. DEPTH-FORCE-PATTERNS IN PERIODONTAL PROBING. *Journal of Clinical Periodontology* 1986;13:126-130.
40. Mombelli A, Muhle T, Bragger U, Lang NP, Burgin WB. Comparison of periodontal and peri-implant probing by depth-force pattern analysis. *Clinical Oral Implants Research* 1997;8:448-454.
41. Misch CE. The implant quality scale: a clinical assessment of the health--disease continuum. *Oral Health* 1998;88:15-20, 23-15; quiz 25-16.
42. Pommer B. Use of the Oral Health Impact Profile (OHIP) in clinical oral implant research. *Journal of Dental, Oral and Craniofacial Epidemiology* 2013;1:3-10.

## Figure の説明

### Figure 1

骨造成術症例（サイナスリフト、ブロック骨移植）

### Figure 2

6 mm ショートインプラント症例

### Figure 3 A

術前パノラマレントゲン写真

（下顎右側第 2 小臼歯および第 2 大臼歯部にインプラント埋入予定）

### Figure 3 B

CT データを変換したシュミュレーションソフト（シムプラント®）にて埋入計画した。

### Figure 3 C

下顎右側第 2 大臼歯部は下顎管への安全域として 2 mm 以上確保、インプラント体周囲骨が 1 mm 以上確保するべく、幅径 4.2 mm 長径 6 mm ショートインプラントの埋入を計画した。

### Figure 3 D

デンツプライアストラテックインプラント EV システム幅径 4.2 mm 埋入時のドリルプロトコル

（デンツプライアストラテックインプラント EV システム外科マニュアルより抜粋）

### Figure 3 E

デンツプライアストラテックインプラント EV システムにおけるドリルプロトコル毎のショルダー部、ボディー部、アペックス部の形成量。-0.00 mm がインプラント体同じサイズの形成量となる。

（デンツプライアストラテックインプラント EV システム外科マニュアルより抜粋  
改変）

### Figure 4

研究の流れ

### Figure 5

Image J を用いたインプラント周囲骨の変化の算出は、既知のスレッドピッチおよびインプラントの長さを用いて、測定前に X 線写真を校正し、骨レベルの測定を行った。測定はインプラントショルダー最下部を基準点として、基準点から根尖部の骨レベルはマイナスで表し、基準点から歯冠方向の骨レベルはプラスと記載した。さらに、近心および遠心部の骨レベルはいずれも上部構造装着時と 2 年後の経過観察時に測定した。各時点で測定した骨レベルの差を算出し、これをそれぞれの骨変化量とした。

### Figure 6 A

スクリー固定式（単冠）6 本

CAD/CAM アトランティスアバットメント®にジルコニアセラミックを接着性レジンにて接着した。

### Figure 6 B

スクリー固定式（連結）14 本

既製のユニアバットメント®に上部構造（陶材焼付鑄造冠）をスクリーで固定した。

### Figure 6 C

セメント固定式（連結）6 本

CAD/CAM アトランティスアバットメント®に上部構造（陶材焼付鑄造冠）を仮着用セメントにて仮着した。

### Figure 7 A, B

上部構造装着時と 2 年後の経過観察時の骨レベルの変化量は近心側で  $0.38 \pm 0.49$  mm ( $-0.25 \sim 1.88$  mm) であり、遠心側では  $0.15 \pm 0.42$  mm ( $-0.98 \sim 0.84$  mm) であり、近心側、遠心側ともに有意差を認めた ( $P < 0.05$  Wilcoxon signed-ranks test)。

### Figure 8 A, B

近心側の上部構造装着時と 2 年後の経過観察時の骨レベルの変化量は隣接する環境がインプラントと天然歯の場合は統計学的に有意差を認めた ( $P < 0.05$  Wilcoxon signed-ranks test)。



## Table の説明

### Table 1

本研究の患者基準

### Table 2

本研究の患者、埋入部位、使用したインプラント径

### Table3

埋入床の骨質とそれぞれに埋入したインプラント本数

### Table 4

骨質に合わせたドリルプロトコルで埋入窩形成を行ったそれぞれの埋入トルク値の平均

### Table 5

単純 X 線写真により算出した上部構造装着時と 2 年後の経過観察時のインプラント周囲骨量と骨変化量

### Table 6

埋入トルク値 35 N cm 未満で埋入した群と 35 N cm 以上で埋入した群の 2 年後の経過観察時のインプラント周囲骨量の増減

### Table7A

近遠心側の隣接する環境の違い（インプラント、天然歯、欠損）

### Table 7B

インプラントの近心側の環境の違いによる評価。上部構造装着時と 2 年後の経過観察時のインプラント周囲骨量

### Table 8

上部構造装着時と 2 年後の経過観察時の 4 点法によるプロービングデプスの平均値

### Table 9

各領域における OHIP 14 の平均値(SD)と中央値

Figure 1

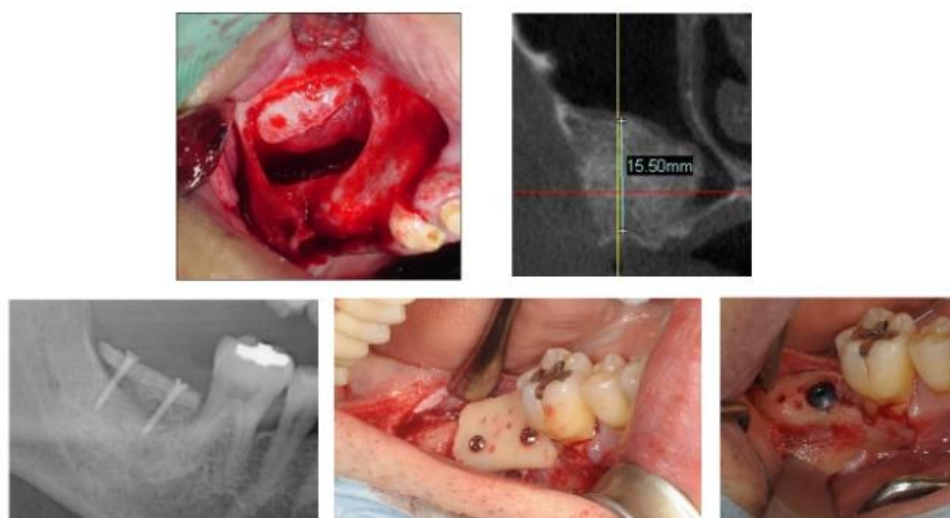


Figure 2

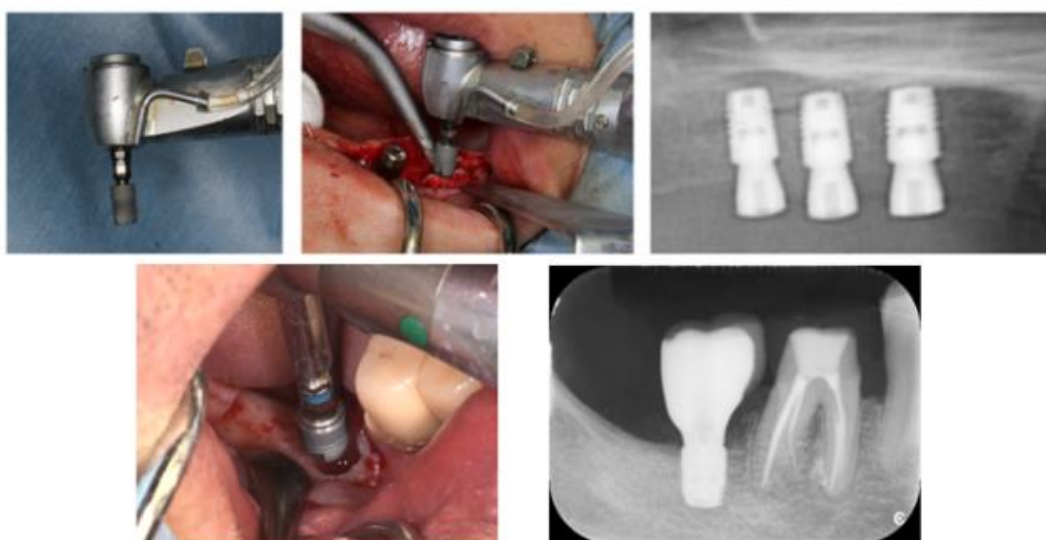


Figure 3A



Figure 3B



Figure 3C

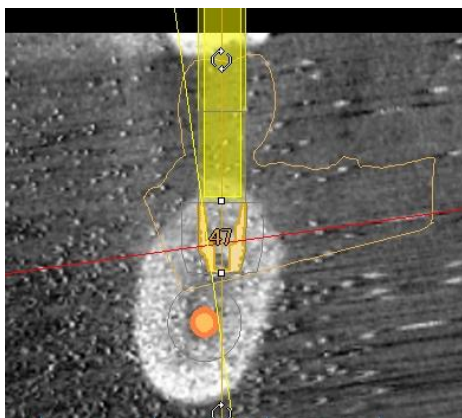


Figure 3D

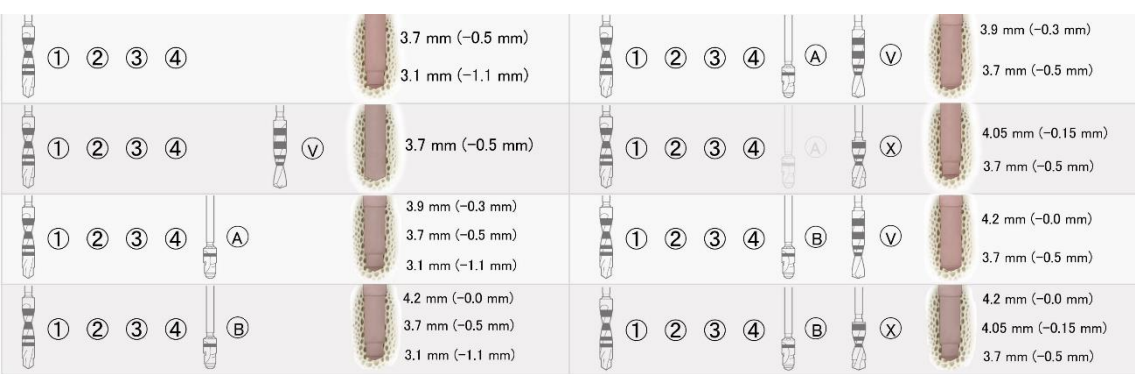
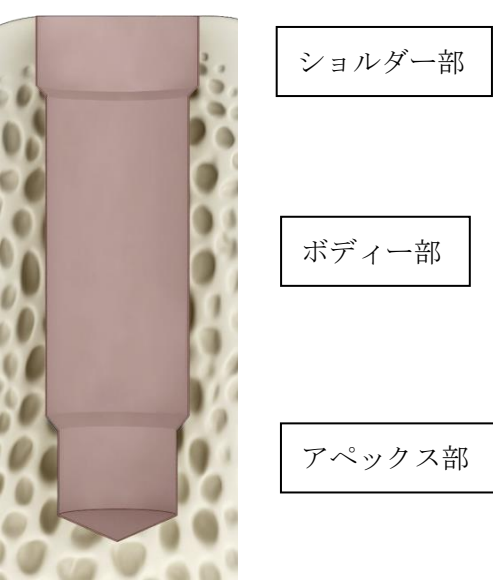


Figure 3E



	A protocol	A-V protocol	B-V protocol	B-X protocol
ショルダー部	-0.30 mm	-0.30 mm	-0.00 mm	-0.00 mm
ボディー部	-0.50 mm	-0.50 mm	-0.50 mm	-0.15 mm
アペックス部	-1.10 mm	-0.50 mm	-0.50 mm	-0.50 mm

Figure 4

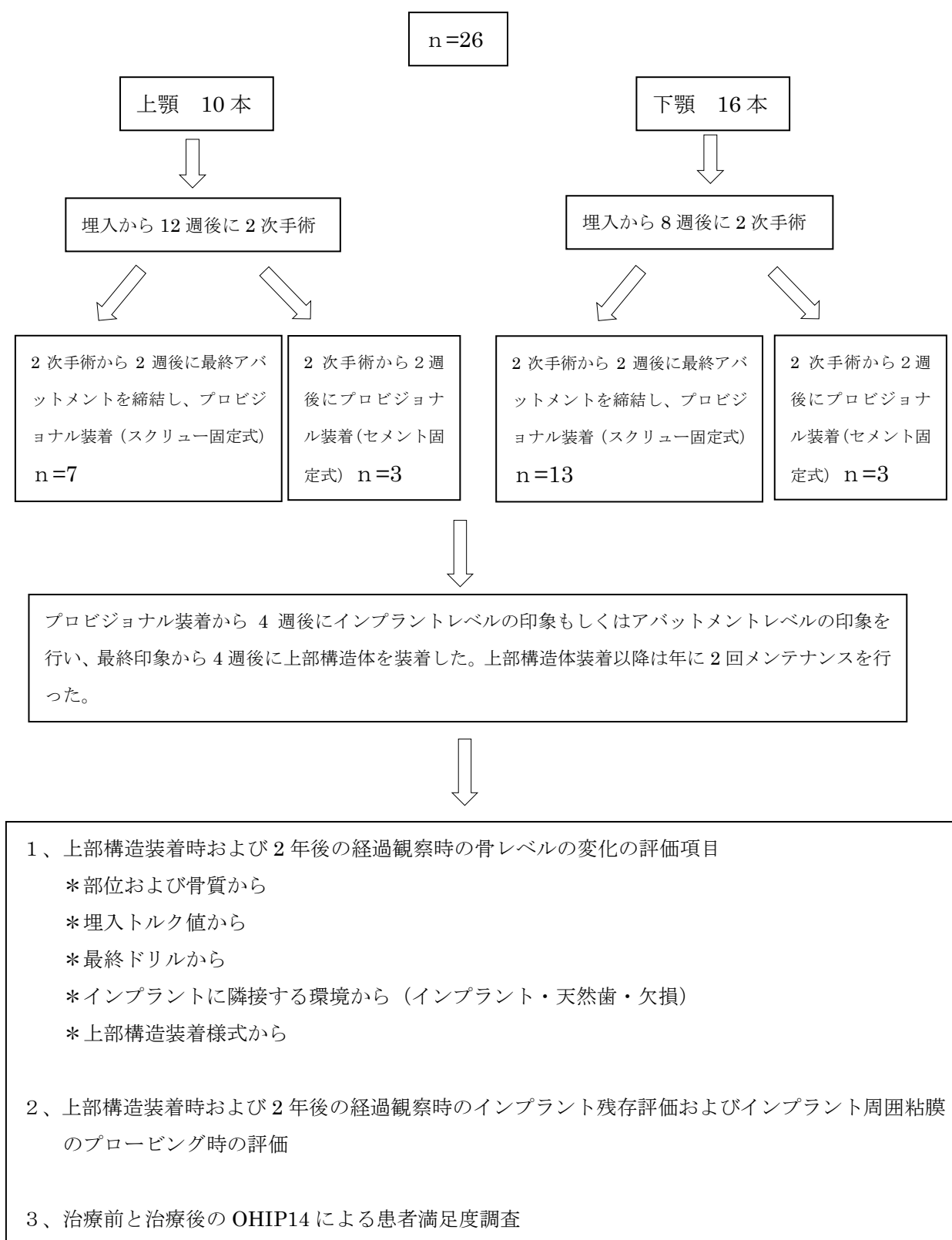


Figure 5

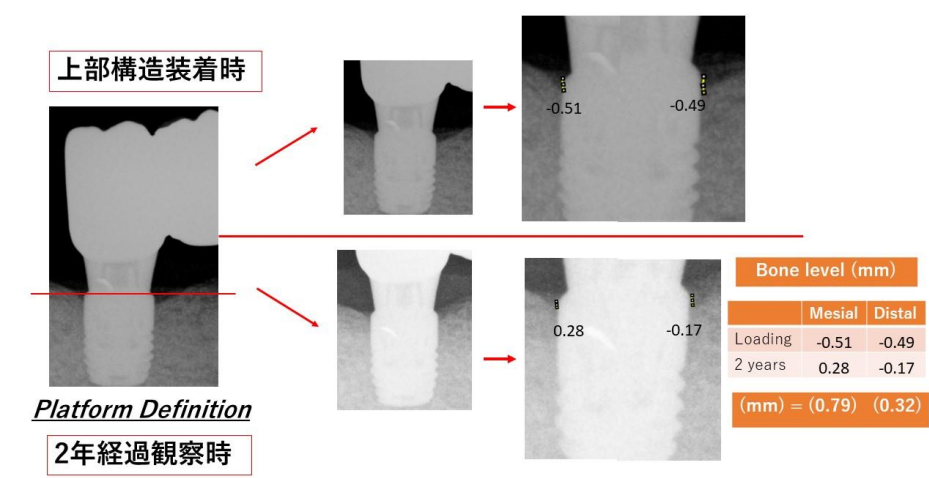


Figure 6A



Figure 6B



Figure 6C



Figure 7A

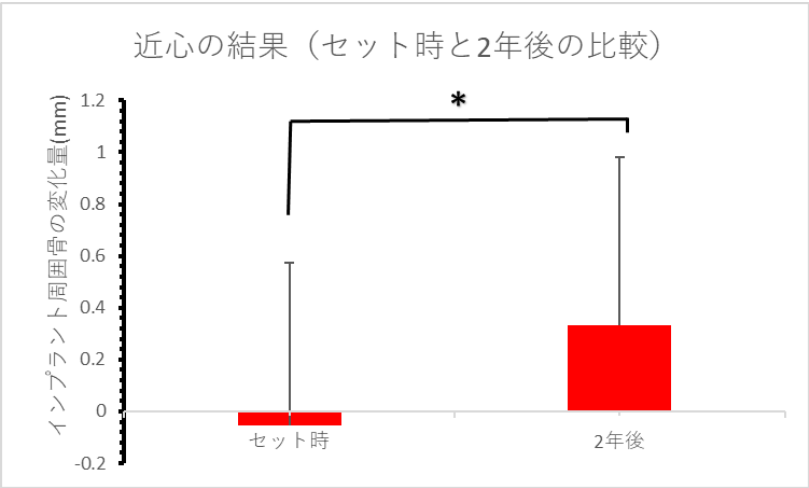


Figure 7B

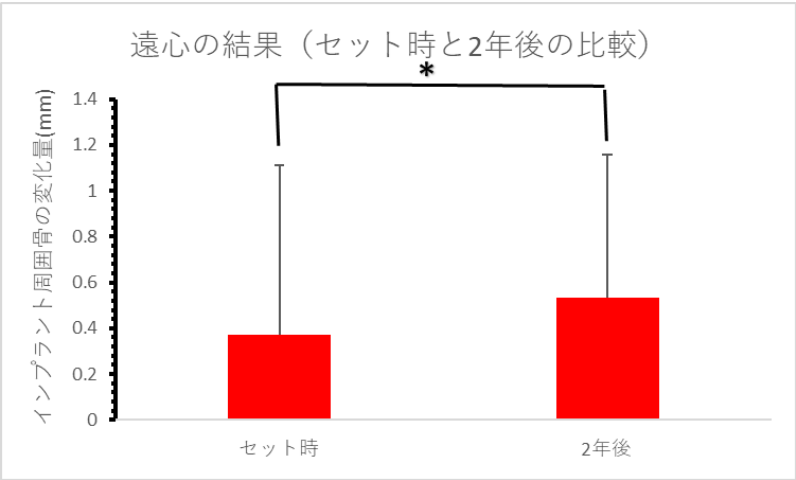


Figure 8A

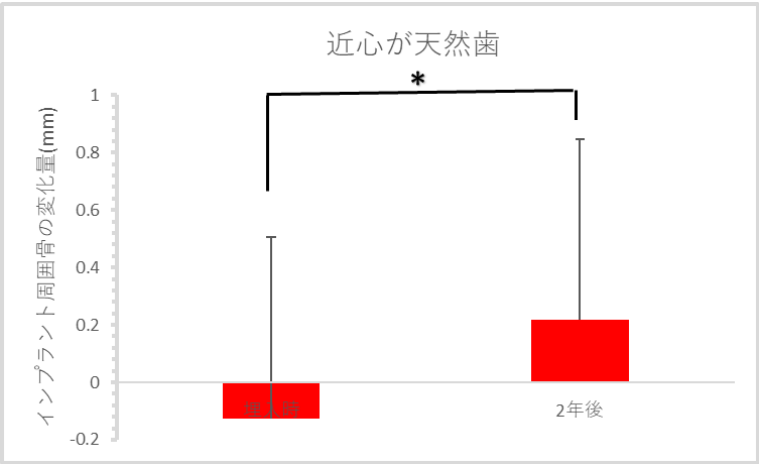


Figure 8B

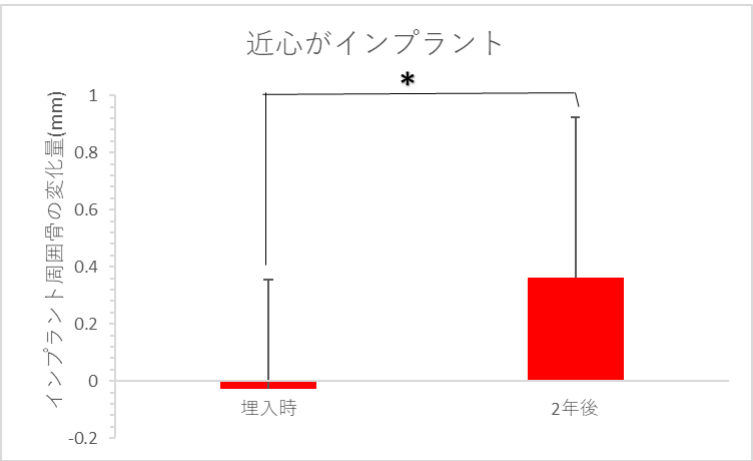




Table 1

<b><u>EXCLUSION CRITERIA</u></b>
Smoking(喫煙者)
Diabetes (糖尿病を有する者)
Cancer (癌疾患を有する者)
Immunosuppressed (免疫疾患を有する者)
Psicological disorders (精神疾患を有する者)
Osteorradionecrosis (骨粗しょう症を有する者)
Insufficient bone supply for short implants (ショートインプラントでも埋入できない骨量の者)
Orthodontics (矯正治療中の者)
Periodontitis (著しい歯周病の者)
<b><u>INCLUSION CRITERIA</u></b>
Good oral and general condition (治療開始時に全身状態および口腔内が良好な者)
Two-stage implant surgery (2 回法インプラント埋入手術とする)
Sufficient bone supply (ショートインプラントを埋入するに十分な骨量がある)
Titanium-based abutments (アバットメントはチタン製を用いる)

Table 2

対象患者数	16 名
性別	男性 5 名、女性 11 名
平均年齢	60.0±9.9 歳 (44～79 歳)
埋入部位	上顎 10 本、下顎 16 本
使用したインプラント径	4.2 mm 19 本、4.8 mm 7 本

Table 3

骨質(n)	上顎	下顎
Type I (3)	0 本	3 本
Type II (8)	1 本	7 本
Type III (15)	9 本	6 本
Type IV (0)	0 本	0 本

Table 4

上顎		下顎	
ドリルプロトコル (本数)	埋入トルク値の平均	ドリルプロトコル (本数)	埋入トルク値の平均
A (4)	25.5 N cm	B-X (14)	38.0 N cm
A-V (5)	28.6 N cm	B-V (2)	41.0 N cm
B-V (1)	31.0 N cm		

Table 5

	近心側	遠心側
上部構造装着時	0.05±0.62 mm	0.37±0.74 mm
2年後の経過観察時	0.33±0.65 mm	0.53±0.63 mm
変化量	0.38±0.49 mm	0.15±0.42 mm

Table 6

	近心側	遠心側
35Ncm 未満 (13 本)	0.38±0.39 mm	0.07±0.4 mm
35Ncm 以上 (13 本)	0.39±0.57 mm	0.29±0.44 mm

Table 7A

	近心側	遠心側
インプラント	11 本	6 本
天然歯	8 本	1 本
欠損	7 本	19 本

Table 7B

	上部構造装着時	2年後の経過観察時
近心が天然歯	-0.13±0.63 mm (-1.22～0.79 mm)	0.22±0.63 mm (-0.96～0.95 mm)
近心がインプラント	-0.03±0.38 mm (-0.74～0.33 mm)	0.36±0.56 mm (-0.55～1.52 mm)
近心が欠損	0.03±0.88 mm (-0.75～1.73 mm)	0.48±0.83 mm (-0.65～1.48 mm)

Table 8

	上部構造装着時	2年後の経過観察時
プロービングデプス (4点法)	3.03±0.41 mm (2.50～3.75 mm)	3.33±0.40 mm (2.50～4.00 mm)

Table 9

	治療前				治療後			
	mean	±	SD	median	mean	±	SD	median
sum	30.44	±	14.18	29.5	3.75	±	2.57	3.5
1 (発音しにくかった)	1.94	±	1.06	2	0.81	±	0.75	1
2 (味覚がにぶくなったと感じた)	2.00	±	0.89	2	0.63	±	0.50	1
3 (つらい痛みを感じた) : 痛み	1.88	±	0.96	1.5	0.06	±	0.25	0
4 (食べていて不快な感じがした)	1.81	±	1.22	1	0.69	±	0.48	1
5 (人前を気にした)	1.81	±	1.38	2	0.13	±	0.34	0
6 (気が張り詰めたり、緊張したりした)	1.00	±	0.89	1	0.00	±	0.00	0
7 (食事が十分取れなかった)	2.25	±	1.00	2	0.25	±	0.45	0
8 (食事を中断しなければならなかった)	2.19	±	0.83	2	0.50	±	0.63	0
9 (リラックスできなかった)	1.00	±	1.15	1	0.06	±	0.25	0
10 (少しでも恥ずかしい思いをした)	1.06	±	0.93	1	0.00	±	0.00	0
11 (周囲に対して少しでもイライラした)	0.88	±	0.72	1	0.06	±	0.25	0
12 (日常の家事や仕事に差し障った)	1.38	±	0.96	1	0.25	±	0.45	0
13 (日常生活に満足していなかった)	1.38	±	1.20	1.5	0.19	±	0.40	0
14 (全く役目を果たせなかった)	1.38	±	1.09	1	0.13	±	0.34	0

# [謝辞]

本研究を遂行するにあたり、懇切なるご指導を賜りました顎顔面口腔外科学分野の  
高橋 哲教授に深く感謝申し上げます。また、多岐にわたりご指導を賜りました顎顔面  
口腔外科学分野の森島 浩允先生、徳島県開業の内藤 禎人先生、当院非常勤歯科医師  
谷ノ口 洋実先生にも謹んで感謝の意を表します。